

WL3 型 稳 流 电 源

高树心 高香珍 江文德

(兰州地震研究所)

一、前 言

我国现行的地电阻率观测方法,采用的是中常大小极距的四极对称法。测量仪器多使用DDC—2 A电子自动补偿仪。供电方式大致可分:1.整流供电,供电时将供电电流调到某一固定值上,测人工电位时,若电网电压,负载电阻发生变化,均会引起供电电流的变化,致使地电阻率观测误差大;2.稳压供电,对供电电流值要进行测量,也会引入误差;3.稳流供电,电网电压及负载电阻变化,供电电流在稳流精度范围内保持恒定。人工电位差的变化基本与地电阻率变化同步,所以,相对来讲稳流供电有其优越性。

然而,目前稳流供电的供电电流,一般在2安培以下,地电阻率观测中又不可避免地存在着各种各样的干扰,增大供电电流,提高人工电位差,是压低干扰提高观测精度的途径之一。尤其在我国的某些地电阻率低的地区,更迫切需要增大供电电流。为此,我们研制了可提供更大稳定电流的WL3 稳流电源。当负载电阻为 $20\Omega\sim 10\Omega$ 时,供电电流可达10安培。

本仪器可以与PZ40数字地电仪配套使用。仪器预热、供电、关机动作均由PZ40数字地电仪控制。

二、仪器主要技术指标

1. 输入电压 (三相四线制) $380\text{伏} \begin{smallmatrix} +10\% \\ -20\% \end{smallmatrix}$ 。
2. 输出电流 (连续可调) 5 A (负载电阻 R_L : $100\Omega\sim 50\Omega$)
 7 A (R_L : $40\Omega\sim 20\Omega$)
 10 A (R_L : $20\Omega\sim 10\Omega$)
3. 输出直流静态稳定度 $<1\%$
(测试条件:负载变化 -50% ,或输入电压变化 $\begin{smallmatrix} +10\% \\ -20\% \end{smallmatrix}$ 。)
4. 允许负载变化范围 -50% 。
5. 输出端对机壳绝缘电阻 大于 $300\text{M}\Omega$
6. 工作状态断续 一次连续供电不得超过1分钟。
7. 全机功耗 约 4000VA 。

三、电 路 原 理

该电源选用可控硅元件做稳流控制元件。利用可控硅元件的单向可控导电性,对输出电流取样、比较、放大,自动控制触发脉冲的滞后时间(即控制可控硅的点燃角 α)点燃角 α 的大小决定了可控硅导通时间的长短。从而达到稳流的目的。

1.主回路原理 仪器输出最大直流功率可达2500瓦,为避免造成电网的不平衡,输入电压采用三相交流电。为使整流元件尽可能承受较低的交流峰值电压,主回路采用三相半控桥式电路。原理如图一所示。D是续流二极管。三相半控桥电路带有电感性负载时,若不接续流二极管,当突然撤去可控硅触发脉冲时,会出现失控现象。

三相电施加到桥路上,假定在某时刻可控硅 T_1 导通,半控桥输出电压波形就如图二。三相半控输出电压的平均值 U_d 为:

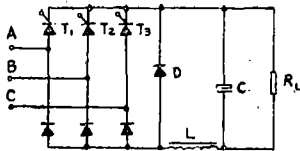


图 一

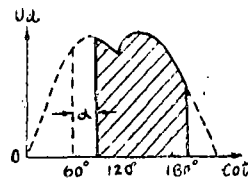


图 二

$$0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$$

$$\begin{aligned}
 U_d &= \frac{1}{\frac{2}{3}\pi} \left[\int_{\frac{\pi}{8} + \alpha}^{\frac{2}{8}\pi} \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} U_{2\phi} \sin \omega t d\omega t + \int_{\frac{2}{8}\pi}^{\pi + \alpha} \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} U_{2\phi} \sin \right. \\
 &\quad \left. \left(\omega t - \frac{\pi}{3} \right) d\omega t \right] \\
 &= \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_{2\phi} \frac{1 + \cos \alpha}{2} \\
 &\doteq 2.34 U_{2\phi} \frac{1 + \cos \alpha}{2}
 \end{aligned}$$

$$60^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$$

$$\begin{aligned}
 U_d &= \frac{1}{\frac{2}{3}\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} U_{2\phi} \sin \omega t d\omega t \\
 &= \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_{2\phi} \frac{1 + \cos \alpha}{2} \\
 &\doteq 2.34 U_{2\phi} \frac{1 + \cos \alpha}{2}
 \end{aligned}$$

所以,

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_{2\phi} \frac{1 + \cos\alpha}{2} = 2.34 U_{2\phi} \frac{1 + \cos\alpha}{2} \quad (0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ)$$

$U_{2\phi}$: 三相电源变压器次级相电压有效值。

这个公式是采用三相半控桥电路, 主回路设计的最基本关系式。根据技术指标的要求及功率因数的考虑设定 U_d 、 α , 就可通过这个关系式确定 $U_{2\phi}$ 的值。

三相电压作用下, 推迟点燃角 α , 三相半控桥输出电压波形的变化, 如图三所示。图中所标 AB、AC、BC 等字母, 第一个字母表示在这时刻哪个可控硅导通, 第二个字母表示这时刻哪个整流二极管导通。因为是可控硅的导通推迟了, 而不是整流二极管导通推迟。所以相继的 60° 期间波形是不对称的。基波频率也由电源频率的六次谐波变成了三次谐波。从图中可以看出, α 角大于 60° , 续流二极管开始导通 (用符号 D 表示)。每只可控硅最大导通角为 120° , 整个控制要求触发移相范围为 180° 。

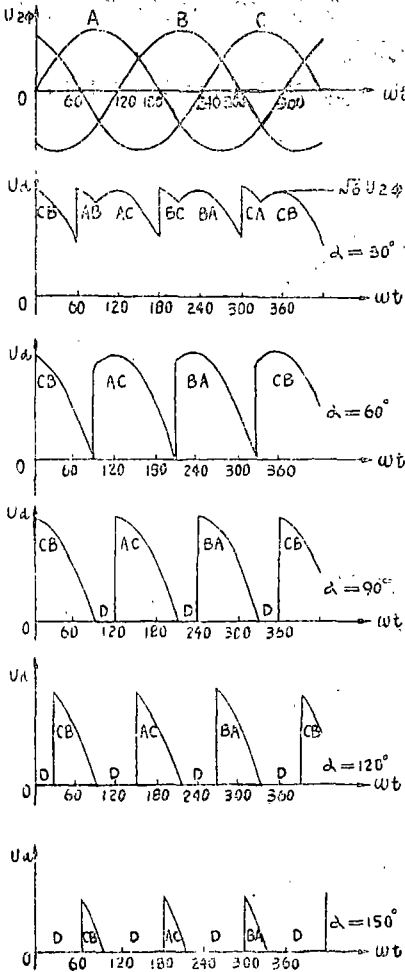
该仪器最大输出直流电压为 $500V$ ($R_L = 100\Omega$ $I_d = 5A$), 则整流元件最大承受约 $1000V$ 峰值电压。将 KP5/1200 可控硅串联使用, 并采取了均压措施 ($R_{27}, R_{28}, R_{32}, R_{33}, R_{37}, R_{38}$)。

可控硅元件的过电压能力很差, 而地电观测供电时, 时断时续, 频繁导通与关断, 会有各种过电压。我们主要注意可控硅从导通到关断时产生的关断过电压: 可控硅导通时元件内部充满载流子, 在承受反压关断的过程中, 正向电流下降至零, 元件内部残存的载流子在反向电压的作用下产生反向电流, 反向电流减小的速度极快, 即 $\frac{di}{dt}$ 很大。即使与元件串联的线路电感很小, 电

感产生的感应电势值也很大, 可达工作电压峰值的数倍。为防止过电压击穿元件、保证仪器工作

可靠, 整流元件的两端并联有阻容吸收电路 $C_{12} \sim C_{25}$, $R_{26} \sim R_{31}$, $R_{34} \sim R_{36}$, $R_{39} \sim R_{41}$ 。可控硅两端并联的阻容吸收电路兼有动态均压的作用。在电源变压器次级侧也接有三角形接法的阻容吸收电路 $C_6 \sim C_{11}$, $R_{24} \sim R_{26}$ 。续流二极管 D_{34} 两端同样接有阻容吸收电路。

整流桥输出电压波纹很大, 加 LC 滤波网路。滤波电感临界值 $L_c = 3.33R_L$ 。在临界电感



图三 不同 α 值, 三相半控桥整流输出波形

情况下 ($L = L_c$), 可控硅中电流峰值与输出直流 I_d 的比值最大为 2。可控硅中电流峰值与平均电流的比值最大为 6。为保证仪器正常工作及减小可控硅中的电流峰值, 仪器的滤波电感值要大于临界值。仪器正常工作时, 电感内流有很大的直流电流。

2. 触发电路 (包括比较、放大电路) 由单结晶体管组成的触发电路, 线路简单可靠, 触发脉冲前沿陡抗干扰能力强, 能量损耗小, 温度补偿性能好。在三相系统中, 要求三个相位上相差 120° 的可控硅, 点燃角 α 由小变大的过程应该均匀一致。由于三相系统中可控硅的移相范围是从自然换向点开始计算的, 比相电压过零落后 30° , 要保证 180° 的移相范围, 必须采取适当措施。

挑选 BG 3、BG 5、BG 7 晶体管电流放大倍数尽量相等 ($\beta = 100$), 穿透电流 I_{co} 要小, 工作电压全取自同一个稳压管 D_{18} , 保证三套触发电路工作电压相等。控制电容 C_2 、 C_3 、 C_4 充电速度的这三只晶体管特性上的差异, 可以由发射极电位器 $W_1 \sim W_3$ 的微调来解决。三只晶体管的基极连在一起, 统一由前级射极跟随器 BG₂, 及单管电压放大器 BG₁ ($\beta = 130$) 来控制。

每只可控硅要求从自然换向点算起移相范围 180° , 所以要展宽同步电压。可利用同步变压器 B_2 , 次级 +A、+B、+C, -A、-B、-C 六组同步电压。A 相可控硅的触发电路, 由 B_2 的 +A, -C 取得同步电源, 这样可以获得底宽为 240° 的同步电压 (参看图五)。同样 B、C 相可控硅的触发电路分别由 B_2 的 +B 与 -A、+C 与 -B 相取得同步电源。各同步电源经二次削波后, 加到单结晶体管 BG₈、BG₆、BG₄ 上。R₇、R₉、R₁₁ 为单结晶体管的温度补偿电阻。

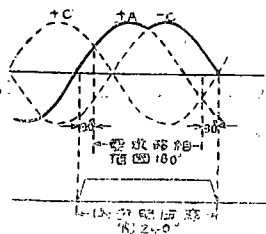


图 五

应该指出: 在可控硅设备中, 同步电压必须与主回路电压保持一定的相位关系, 即两者必须同步 (亦称定相)。这种相位关系随整流电路和触发电路的不同而不同。所以, 仪器一旦正确组装调试完毕, 主回路与触发电路之间的连线; 脉冲变压器 $PT_1 \sim PT_3$ 与可控硅元件的连线; 触发电路板与同步变压器 B_2 的连线, 都不得随意改动。

由于可控硅串联使用, 要求触发脉冲前沿要陡。这样既可以缩短元件的开通时间, 又可以减小串联使用时因开通时间不一致引起的瞬时过电压。我们利用提高触发脉冲峰值电压对可控硅进行强触发, 触发脉冲峰值电压约 7 V。但峰值电压不得超过 10 V, 否则会损坏可控硅的门极。

当输出电流偏高时, 取样电阻 R_{45} 上的电压也同时增高, 它与 W_4 中心抽头的标准电压相比较, 经 R_{17} 、 C_5 积分之后, 便可使放大器 BG₁ 的输入信号变小, 通过触发器使可控硅输出电流变小; 输出电流若偏低, R_{45} 上电压便下降, 放大器输入信号就变大, 通过触发器使可控硅输出电流变大。这样仪器的输出电流就稳定在 W_4 预先调定的某一数值上。

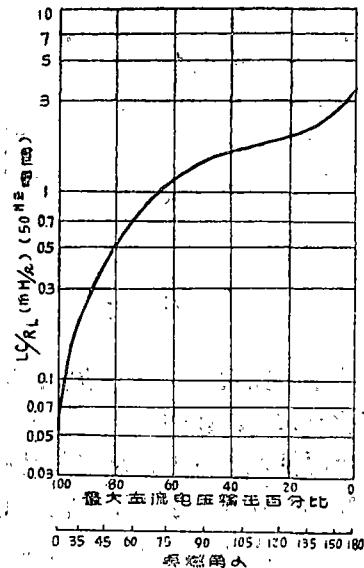
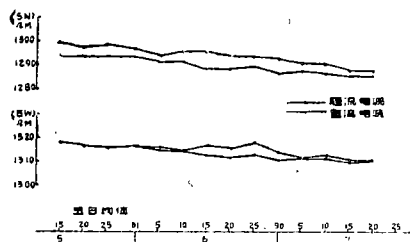


图 四

四、观测结果

于1980年分别在兰州和天津两地对该仪器试用。并且在天津地震局塘沽地震台同磁饱和交流稳压器—整流—滤波, 供电设备进行比测。结果表明: 稳流电源长期使用, 电流变化约

10~20毫安, 长期稳定性每月优于0.3%。由于供电道引起的供电电流变化也约为10~20毫安, 这都不影响地电阻率的观测精度。WL3稳流电源具有体积小, 灵活方便, 观测时间短, 观测精度高等优点。当稳流电源供电时, 对DDC—2A有某种干扰, 指针发生轻微抖动, 抖动范围小于读数的1%。需将稳流电源放置距DDC—2A较远处, 用自控插孔控制供电, 及提高稳流电源输出端对机壳的绝缘电阻, 消除干扰。比测的一



图六

组曲线示于图六。在兰州地震研究所观象台用PZ13型直流数字电压表测量。结果表明: 电网变化 $\pm 10\%$, 换供电道($24\Omega \rightarrow 40\Omega$)时, 供电电流变化均小于1%。较以前单相5安培稳流电源供电声音小, 对其它观测仪器(如重力仪)影响小。

1980年8月国家地震局在兰州召开WL3型稳流电源鉴定会, 认为“WL3稳流电源工作可靠, 性能良好, 其主要技术性能符合原设计要求, 可用在有三相四线供电条件的地电台作专用电源。”

对于进一步改进供电设备, 今后计划: 1. 增大供电电流, 克服目前可控硅稳流电源效率低的缺点, 采用开关稳定电源技术; 2. 提高输出电流静态稳定度(例如优于0.1%), 并引入输出电流长期稳定度技术指标; 3. 考虑到降低供电设备的成本, 可不使用稳定电源供电, 对人工电位差及供电电流值进行同时测量。

天津地震局塘沽地震台, 兰州观象台曾给以大力协助在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] J.L. Storr-Best, Critical Inductance for Half Controlled Thyristor Rectifiers, Electronic Eng. 38, No. 459, PP. 310—315, 1966.

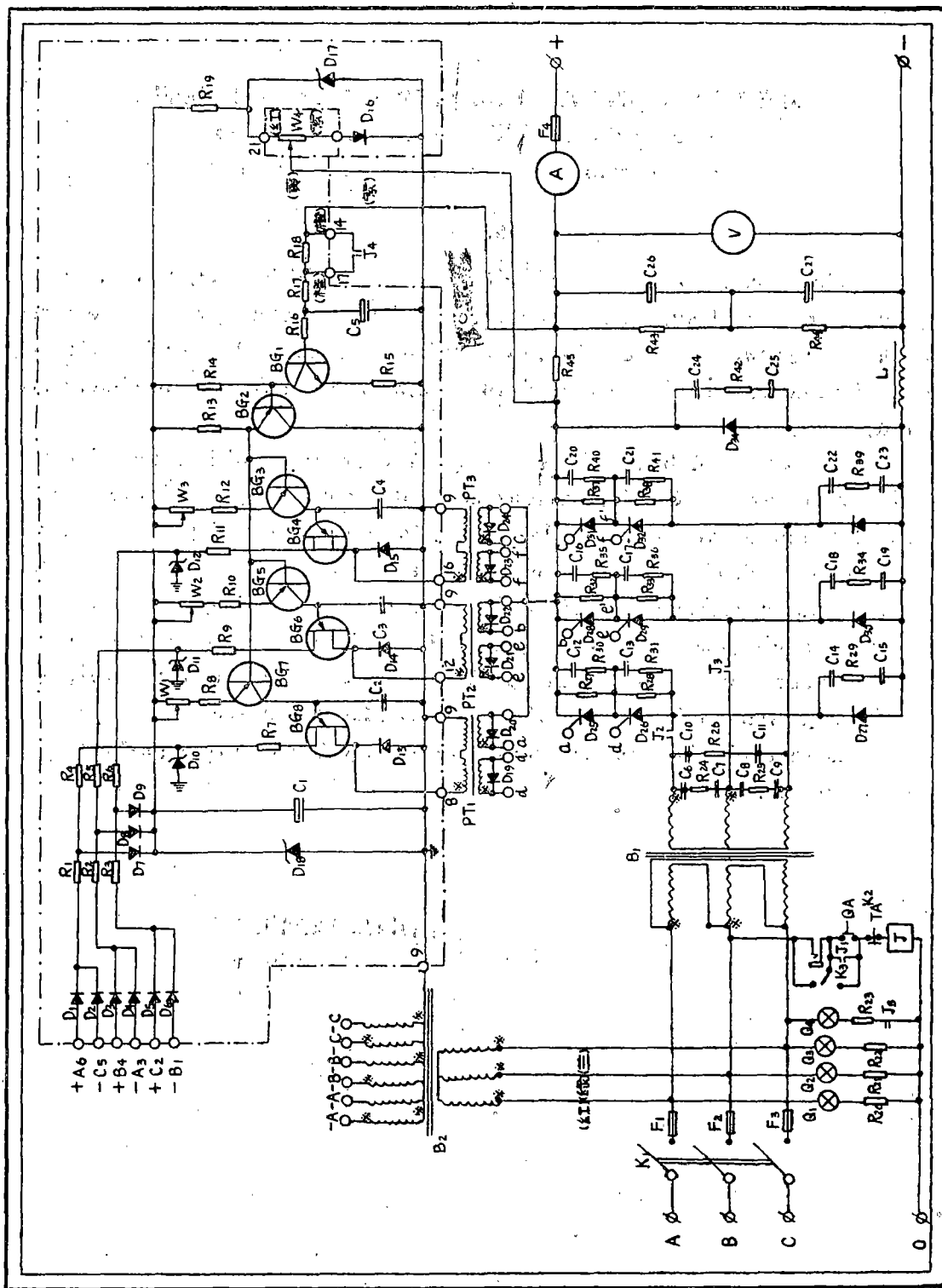


图 七

TYPE WL3 CURRENT STABILIZED D.C POWER SUPPLY

Gao Shu-xin Gao Xiang-zhen Jiang Wen-de

(The Seismological Institute of Lanzhou)

Abstract

During recent years a number of current stabilized D.C power supplies have been designed for earth resistivity measurement in the research of earthquake prediction. Type WL3 current stabilizer is the newest of them to supply power of up to 2.5KW at 5 A to non-inductive load.

The design and basic theory of WL3 current stabilizer are discussed by means of SCR for current control component, and the circuit of WL3 current stabilizer is described. Its current stability against load resistance variations or changes in three phase mains voltage is better than 1 per cent. With an initial load resistance of 100, the measured current stability at 5 A is 0.9 per cent for 50 per cent reduction in load resistance and 0.8 per cent for 30 per cent change in mains voltage.

The question of critical inductance is also discussed.

It is suitable for geoelectric stations which have three phase mains in our country.

§ 本刊因故延期出版希谅 §
§ 编辑部 §
§